

Forst- und Landwirtschaft, Jahrgang 1912, Heft 4/5). Dieser Versuch belehrt uns aufs deutlichste, welche Merkmale geeignet sind, grössere Kategorien als solche zu charakterisieren, welche Merkmale andererseits dazu dienen, innerhalb der grösseren Kategorien (Unterfamilien) die kleineren Kategorien, die Triben und Gattungen zu kennzeichnen. In letzterer Hinsicht ersehen wir deutlich, dass die Zahl der Glieder der Fühlergeissel, die spezielle Form und Gliederung der Fühlerkeule, die Formen der Mundteile, die Gestalt und Skulptur der Flügeldecken, die Zahl der Stigmen, die Gestaltung der Abdomensegmente Merkmale für die engere Gruppierung zu Triben abgeben, ausserdem noch einzelne Bestandteile des weiblichen und männlichen Genitalapparates, vor allem auch der Penis, welcher letzterer vorzugsweise geeignet ist, kleinere systematische Gruppen zu charakterisieren, wie er andererseits für grosse Gruppen völlig versagen kann, aber keineswegs versagen muss. Wir haben schon in dem 11. Abschnitt über das Chitinskelett des Penis kennen gelernt, wie gefährlich und verhängnisvoll die Ueberschätzung gewisser Penischaraktere für die Systematik der Borkenkäfer demjenigen Forscher, Lindemann, geworden sind, der als erster geglaubt hatte, ein ins einzelne gehendes System der Borkenkäfer auf Merkmale des Penis-skeletts aufbauen zu können. Es wäre jedoch ungerecht, wollte man den Penismerkmalen jede Bedeutung für die grösseren Kategorien des Systems absprechen. Der Gesamtbau des Penis der Eccoptogasterinen, der Platypodiden und der Ernoporinen zeigt solche Kontraste, dass sie Familien- bzw. Unterfamiliendivergenzen zum Ausdruck bringen. Hier sind es die Hauptteile des Penis: Körper mit Füsschen und die Parameren (Gabel), welche ganz eigenartige Typen aufweisen. Es ist aber charakteristisch, dass solche Divergenzen im Penisbau durchaus nicht immer auftreten, wo es sich um Familienunterschiede handelt und innerhalb verschiedener Familien der Rhyngophorengruppe können wir einen gleichartigen Penistyp antreffen, wie z. B. bei den Curculioniden und den Hylesininen, speziell bei den *Pissodinae* und den *Hylastides* unter den Hylesininen. Hier lässt uns der Penis bei der Suche nach grosszügigen Differentialcharakteren im Stich, während innerhalb der ganzen Unterfamilie der Hylesininae der Penisbau vielfach weit verschiedener ist, als der Bau vieler inneren und äusseren Organe dieser Unterfamilie. Ebenso kann der Penisbau bei anderen Unterfamilien, z. B. bei den Xyloterinen, Polygraphinen sich an einzelne Triben der Hylesininen enger anschliessen, als der Triben der Hylesininen teilweise unter sich. Darin liegt die Unzuverlässigkeit des Merkmals des Penisbaus im Sinne der Aufschliessung der Verwandtschaftsverhältnisse der Borkenkäfergruppen. Im letzteren Sinne leisten andere Organsysteme wie der Kaumagen, die weiblichen und männlichen Genitalorgane, die Unterflügel und die Fühler, weit bessere und sicherere Dienste, wie wir in den speziellen Abschnitten schon erfahren haben und später noch weiter erfahren werden. (Schluss folgt.)

Die Bedeutung des vorderen Punktauges bei Aeschna juncea L. und Aeschna cyanea Müll.

Von Prof. Dr. Tümpel.

Ueber die Funktion der Punktaugen bei den Insekten ist man im allgemeinen noch ziemlich im Unklaren. Die Versuche, welche so an-

gestellt wurden, dass man die Netzaugen oder die Punktaugen beseitigte oder mit schwarzer Farbe überstrich und aus dem Verhalten der derartig zum Teil geblendeten Tiere die Funktion der Punktaugen erkennen wollte, haben keine sicheren Resultate ergeben; über ziemlich allgemeine Behauptungen ist man bei Befolgung dieser Untersuchungsmethode nicht hinausgekommen. Ein anderer Weg, die Funktion der Punktaugen festzustellen, schien mir der zu sein, ihren optischen Bau zu studieren und aus ihrer aus diesem Bau ableitbaren optischen Wirkungsweise ihre physiologische Bedeutung zu erkennen. Dazu aber ist es nötig, auch den Bau und die Wirkungsweise der Netzaugen zu beachten. Ueber den Bau dieser Netzaugen sind wir besonders, abgesehen von seinen Vorgängern, in optischer Beziehung durch S. Exner¹⁾ unterrichtet worden. Der Bau des Netzauges wird daher in dieser Arbeit als bekannt vorausgesetzt.

S. Exner hat schon eine eigentümliche Stellung der Krystallkegel beobachtet und beschrieben. In vielen Fällen stehen die Krystallkegel der einzelnen Facetten nämlich nicht senkrecht gegen die gekrümmte Gesamtoberfläche der Netzaugen, also nicht in der Richtung der Krümmungsradien dieser Flächen, sondern schief geneigt.²⁾ S. Exner zeigte dann, dass dadurch das Gesichtsfeld nach hinten erweitert wird; er weist auch einmal in dem oben schon erwähnten Buch darauf hin, dass die Schiefstellung der Krystallkegel zum binokularen Sehen und damit zur Lokalisation beim Sehen der Insekten dient. Die Lokalisation wird bekanntlich beim Menschen zum grossen Teil durch das Sehen mit 2 Augen bewirkt. Es ist, wie man sich leicht überzeugen kann, sehr schwierig, den Faden in das Ohr einer Nadel einzufädeln, wenn man ein Auge schliesst und die Nadel gerade vor das andere geöffnete Auge hält; dabei ist die Nadel so zu stellen, dass man nicht durch das Ohr hindurchsehen kann. Das Einfädeln gelingt leicht, wenn man beide Augen benutzt. Helmholtz erwähnt diesen Versuch in seinen wissenschaftlichen Vorträgen. Dieses binokulare Sehen, bewirkt durch die Schiefstellung der Krystallkegel, deren Kegelachsen nach vorne konvergieren, sodass ein Gegenstand beide Netzaugen erregen kann, scheint mir nun sehr bedeutungsvoll bei den Insekten zu sein. Bei verschiedenen Insekten habe ich häufig einen eigentümlichen Parallelismus gefunden. Insekten mit radiär gestellten Krystallkegeln haben keine Punktaugen und häufig lange Fühler; Insekten mit schief gestellten Krystallkegeln und zwar so schief gestellt, dass ihre Achsen nach vorne konvergieren, haben Punktaugen und kurze Fühler. Z. B. fallen bei *Carabus cancellatus* Ill. Krystallkegel und Sehstab in die Richtung des Radius, der Käfer besitzt keine Punktaugen, hat aber dafür lange Fühler.

Bei den Libelluliden und Aeschniden stehen die meisten Krystallkegel schief, z. T. ganz ausserordentlich; diese Tiere haben ganz kurze Fühler und 3 wohlausgebildete Punktaugen. Aehnliches gilt bei *Acridium aegypticum* L., bei kurzen Fühlern hat es 3 Punktaugen und die meisten Krystallkegel sind schief gestellt. Mit geringen Abweichungen lässt sich das Entsprechende bei *Locusta viridissima* L. beobachten. Das Tier besitzt lange Fühler; die bei weitem überwiegende Mehrzahl seiner Krystall-

¹⁾ Seine Untersuchungen sind zusammengefasst in S. Exner: Die Physiologie der facettierten Augen bei Krebsen und Insekten. 1891.

²⁾ Auch R. Hesse weist in seinem Buch: Das Sehen der niederen Tiere, Jena 1908, auf diese Schiefstellung hin.

kegel fällt vollständig in die Richtung der Krümmungsradien; nur die nach hinten gerichteten stehen etwas schief und dienen also zur Er-

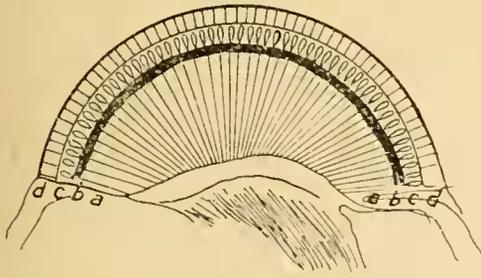


Fig. 1. Durchschnitt durch ein Netzauge von *Carabus cancellatus*. a. Schicht der Sehstäbe, b. Pigmentschicht, c. Krystallkegel, d. Corneafacetten.

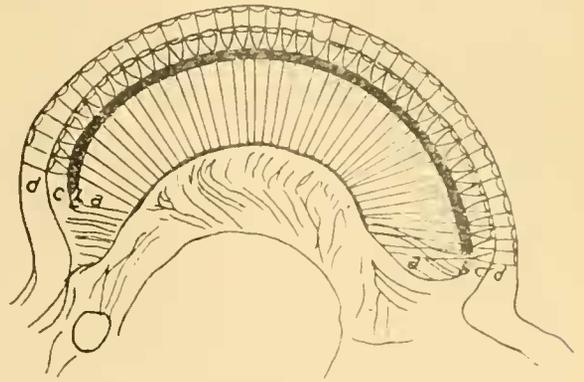


Fig. 4. Durchschnitt durch ein Netzauge von *Locusta viridissima* L. Bezeichnung wie bei Figur 2.

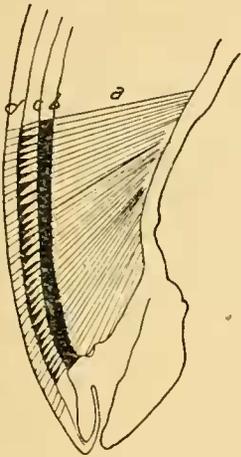


Fig. 2. Durchschnitt durch den unteren Teil des Netzauges von *Aeschna juncea*. a. Sehstäbe, b. Pigmentschicht, c. Krystallkegel, d. Corneafacetten.

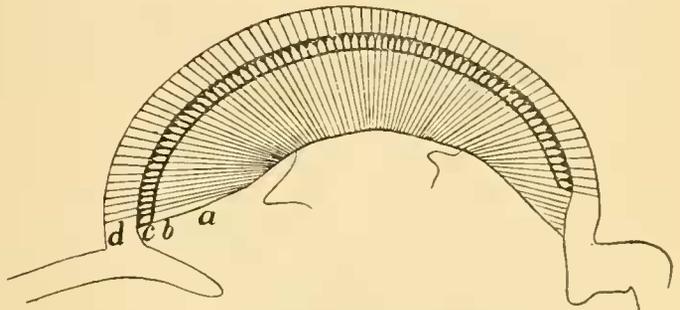


Fig. 3. Durchschnitt durch ein Netzauge von *Acridium aegypticum*. Bezeichnung wie bei Fig. 2.

weiterung des Gesichtsfeldes; aber die Kegel sind keineswegs so gestellt, dass ihre Achsen nach vorne konvergierte. *Locusta* besitzt allerdings ein Punktauge auf der Stirne, aber es ist schlecht ausgebildet und grossen Nutzen wird es dem Tiere nicht gewähren. Nach dieser Beziehung zwischen Fühler und Augen scheint sich die eine Gruppe von Insekten besonders der Augen zu bedienen, wie *Aeschna* und *Acridium*, hingegen die andere Gruppe scheint sich mehr auf die Fühler bei der Beobachtung der Umgebung zu verlassen. *Locusta* z. B. mit seinen kleinen Netzaugen benutzt bei seinem Schmetterlingsfang sehr deutlich die Fühler. Vor seinem unfehlbaren, äusserst geschickten Sprung, durch welchen es sich auf die Schmetterlinge stürzt, werden die Beutetiere erst mit den nach vorne gerichteten langen Fühlern in Berührung gebracht und dann erst erfolgt der Sprung. Es scheinen also ersichtlich die Fühler zur Erkennung der Beute benutzt zu werden. Ganz anders verhält sich die Libelle mit ihren kurzen Fühlern und sehr schief gerichteten Krystallkegeln; sie kann natürlich nur ihre Beute mit den Augen erkennen und den Ort bestimmen, wo sich ihr Beutetier befindet. Ich vermute, dass sich die Beziehung zwischen Schiefstellung der Krystallkegel und Vorhandensein der Punktaugen bei einer ganzen Reihe von Insekten vorfinden wird; zahlreiche Ausnahmen werden auch hier vorkommen.

Die Beziehung zwischen Stellung der Krystallkegel und Vorhandensein der Punktaugen lässt sich nun besonders deutlich bei den Libellen erkennen, besonders bei den Aeschniden. Die Libellen haben 3 Punktaugen; bei den Libelluliden und Aeschniden stehen diese 3 Punktaugen um die sog. Stirnschwiele herum, das mittlere ist nach vorne gerichtet, die beiden seitlichen nach links und rechts; die Agrioniden tragen die 3 Punktaugen in ein Dreieck gestellt auf der flachen Oberseite des Kopfes. Höchst merkwürdig ist nun die Lage des mittleren Punktauges bei den Aeschniden; es liegt förmlich eingegraben über der blasig aufgetriebenen Stirne; nach oben ist es von einer Schuppe überragt; in senkrechter Ebene kann es daher nur einen Sehraum wie ungefähr 80—90° überblicken; von dem vorderen Punktauge zieht sich nach vorne eine schwache, tief schwarz gefärbte Einkerbung hin, die sich an dem vorderen Rand der Stirne in eine schwarze Querzeichnung fortsetzt und die bekannte T-förmige Zeichnung auf der Stirne der Aeschniden bildet; die nächste Umgebung des vorderen Punktauges ist ebenfalls tief schwarz gefärbt. Die ganze Lage und die schwarze Färbung des mittleren Punktauges lässt ohne Zweifel schon erkennen, dass nur Strahlen von vorne in das Punktauge eintreten sollen und dass jeder Reflex, welcher über die Richtung des Strahles täuschen könnte eben durch die schwarze Färbung der ganzen Umgebung ferngehalten werden soll.

Die beiden Figuren 5 und 6 zeigen das mittlere Punktauge von *Aeschna juncea* L. in einem Schnitt senkrecht zur Flügelebene und

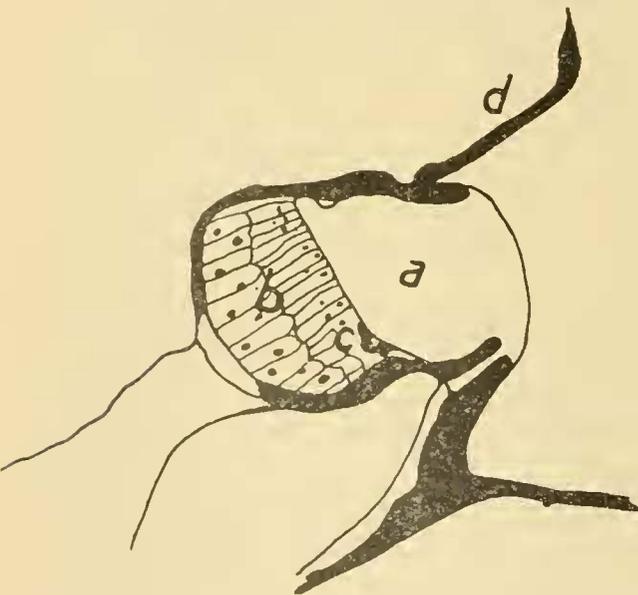


Fig. 5. Senkrechter Schnitt durch das mittlere Punktauge von *Aeschna juncea* L. a. Linse, b. lichtempfindliche Zellen, c. Pigmentschicht auf der Rückseite der Linse, d. Schuppe über dem Punktauge.

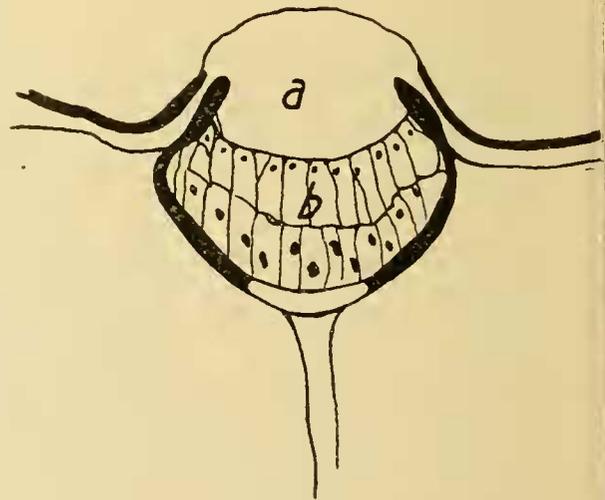


Fig. 6. Wagerechter Schnitt durch das mittlere Punktauge von *Aeschna juncea* L. a. Linse, b. lichtempfindliche Zellen.

parallel dieser Ebene. Die Schnitte wurden so hergestellt, dass der geöffnete Kopf in Celludin eingebettet und mit dem Mikrotom geschnitten wurde.

Aeschna juncea ist im allgemeinen nicht gerade gemein; sie kommt meist im Gebirge vor. Sehr häufig z. B. fliegt sie an den Torfgewässern, die sich in der Nähe der Kniebisstrasse im Schwarzwald befinden. Dort machte ich die nicht uninteressante Beobachtung, dass sich ganz wie bei

Aeschna mixta Labr.¹⁾ die hauptsächlich braun gefärbten und gelb gefleckten Weibchen zwischen den braunen und gelben Stengeln von *Carex*, an ihnen hängend, sich verborgen halten, die lebhaft blaugefärbten Männchen fliegen zwischen diesen Riedgräsern umher, spüren die Weibchen auf, packen sie mit den Hinterleibsanhängseln und schleppen sie auf einen in der Nähe stehenden Baum. Dort findet dann die bei den Libellen übliche Begattung unter eigentümlicher Krümmung des Hinterleibes statt. Das Weibchen kommt dabei in eine Stellung, bei der sein Kopf nach unten hängt; es sucht sich bisweilen aus dieser Lage zu befreien, wird aber durch heftiges Flügelschlagen des Mäunchen wieder in diese ihm sichtlich unbequeme Lage gedrängt. Die Begattung währt sehr lange, über eine Stunde. *Aeschna juncea* stösst auch auf Insekten, die an Grashalmen sitzen und schnappt dann die so aufgeschreckten Insekten in der Luft weg.

Nach Fig. 5 scheint die Linse des Punktauges plankonvex zu sein, nach Fig. 6 biconvex; sie ist aber unter Berücksichtigung von beiden Schnitten demnach konvexeylindrisch und zwar ist die Vorderseite konvex und die Rückseite cylindrisch; jedoch ist die konvexe Vorderseite nicht ein Teil einer Kugelfläche, da sie in verschiedenen gerichteten Schnitten verschiedene Krümmung zeigt, sondern sie scheint einem Rotationsellipsoid oder elliptischen Paraboloid anzugehören. Die Linse besitzt also eine höchst merkwürdige Gestalt. Nicht minder merkwürdig ist die

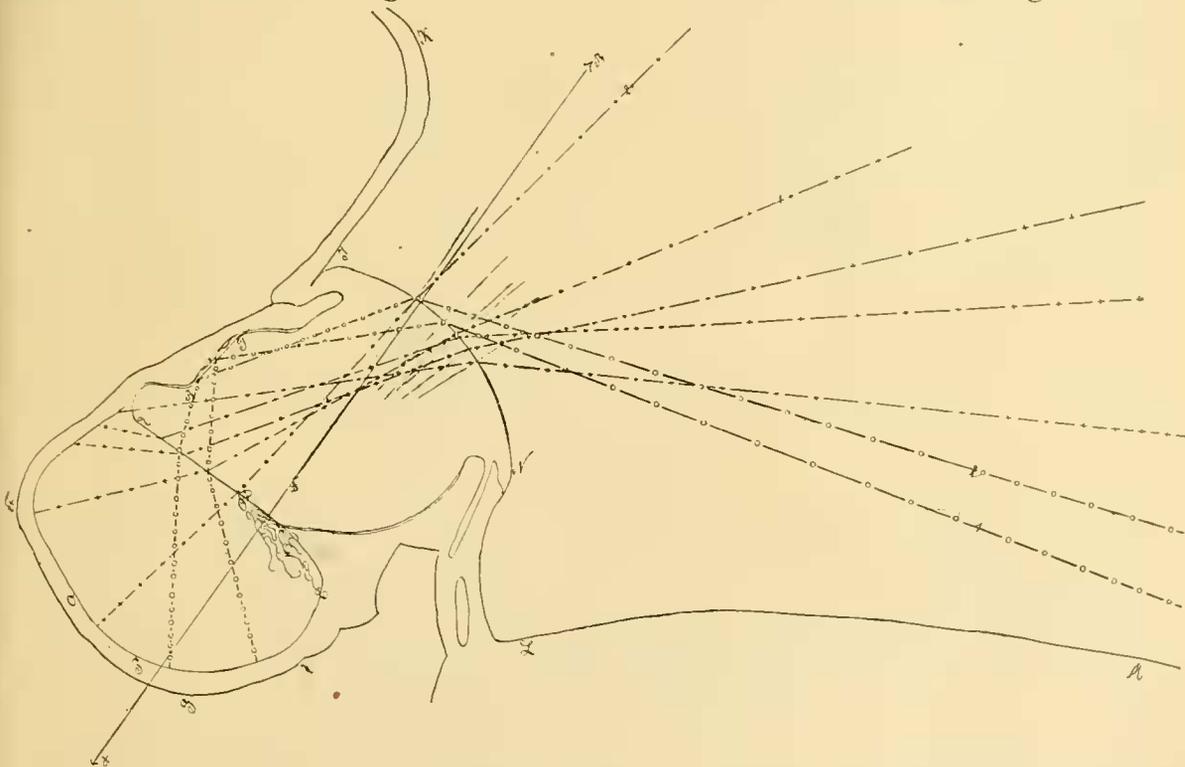


Fig. 7. Senkrechter Durchschnitt durch das mittlere Punktauge von *Aeschna juncea* L. DEJN Linse, EFGC Raum der lichtempfindlichen Zellen, AMB Linsenachse, JK Schuppe über dem Auge, LM Stirne.

Lage der Linse; ihre Achse AMB, (Fig. 7), d. h. die kürzeste Gerade, die senkrecht auf der Seitenlinie des Cylinders steht und durch den Krümmungs - Mittelpunkt der Vorderfläche geht, die Vorderfläche als Kugelfläche hier angesehen, ist schräg nach oben gerichtet, und diese Achse trifft auf der Rückseite auf eine Zellschicht CD, deren Zellen mit einem

¹⁾ Vergl. R. Tümpel: Die Gradflügler Mitteleuropas, S. 5.

braunen Farbstoff erfüllt sind. Diese Zellen bedecken etwa die untere Hälfte der Rückseite der Linse und machen diese untere Hälfte für Strahlen, die hier austreten wollen unpassierbar. Der Raum CDEFGH enthält die lichtempfindlichen Zellen. Sie erfüllen den ganzen Raum und scheinen auch an der Fläche CE angewachsen zu sein; sie sind in 2 Schichten angeordnet.

Bei OP tritt der Sehnerv ein. JK ist der Durchschnitt der Schuppe, die das Auge oben überragt, LM ist die stark hervortretende Stirne. Linsen werden nun im allgemeinen so angeordnet, dass Strahlen zur Anwendung gelangen, die von Punkten in der Nähe der Achse der Linse ausgehen; derartige Strahlen vereinigen sich bei sphärischen Linsen, wenn man nur Strahlen berücksichtigt, die in der Nähe der Achse auf die Linse auffallen, wieder annähernd in einem Punkt nahe der Achse. Liegt der leuchtende Punkt sehr weit von der Linse entfernt, so vereinigen sich die jetzt parallel der Achse auffallenden Strahlen im sogenannten Brennpunkt. Bei Cylinderlinsen, oder bei sphärisch-cylindrischen Linsen, und die hier untersuchte Linse des mittleren Punktauges bei *Aeschna* ist eine solche sphärisch-cylindrische Linse, liegen die Verhältnisse ganz anders. Die Ableitung der hier auftretenden Verhältnisse¹⁾ würde zu weit führen. Solche Linsen haben, um nur hier die Hauptergebnisse mitzuteilen, überhaupt keinen Brennpunkt, sondern 2 sich rechtwinklig in einer bestimmten Entfernung kreuzende Brennlinien, die der sphärisch-cylindrischen Linse näher liegende Brennlinie läuft parallel der Cylinderachse, die entferntere Brennlinie kreuzt diese erste Brennlinie senkrecht. Derartige sphärisch-cylindrische Linsen geben für achsenparallele oder fast achsenparallele Strahlen überhaupt keine deutlichen Bilder mehr, sondern nur eigentümlich verzerrte und in Deutlichkeit und auch in Farbenintensität eigentümlich veränderte Bilder. Dazu kommt noch etwas. Die Entfernung vom Bildpunkt und Objektpunkt ist nach der von Reusch entwickelten Formel gegeben durch

$$\frac{1}{p} = \frac{1}{x_1} + (n-1) \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{g} \right)$$

für die der Cylinderachse parallele Brennlinie und durch

$$\frac{1}{p_1} = \frac{1}{x_1} - \frac{n-1}{g}$$

für die die Cylinderachse senkrecht kreuzende Brennlinie. Hierin ist p und p_1 die Entfernung der beiden Brennlinien, n der Brechungsexponent der Linsensubstanz, r der Cylinderradius, g der Radius der Kugelfläche und x_1 die Entfernung des Gegenstandes von der Linse. Diese Formeln gelten nur für eine dünne Linse und für eine Linse in Luft. Die Linse bei *Aeschna juncea* ist nun nicht sehr dünn sondern im Gegenteil sehr dick; ob sie mit der Rückseite an Luft grenzt, soll unten noch erörtert werden. Trotzdem ist die Formel für unsern Fall brauchbar, denn die Dicke der Linse und die Begrenzung der Hinterfläche durch ein anderes Medium wie Luft wirken nur so, dass sie die Bilder von der Linse wegrücken.

Zeichnet man sich mit dem Zeichenapparat einen etwa 284fach vergrößerten senkrechten Durchschnitt, so kann man den Radius der vor-

¹⁾ Sie sind gegeben z. B. in F. E. Reusch: Die Theorie der Cylinderlinsen, Leipzig 1868; man vergl. auch A. Winckelmann: Handbuch der Physik, Leipzig 1904, 6. Band, S. 102.

deren Fläche mit dem Zirkel zu 11 cm messen. Diese Methode der Messung liefert keine genauen Resultate, doch ist ihre Genauigkeit hier ausreichend. Den Brechungsexponenten der Linsensubstanz bestimmte ich mit dem Mikrorefraktometer¹⁾ von S. Exner zu 1,56; der Cylinderradius ergab sich auf die gleiche Weise bestimmt zu 12,5 cm. Setzt man in der obigen Formel $x_1 = \infty$, d. h. bestimmt man die Lagen der Brennlinien für ein sehr entferntes Objekt, und $n = 1,56$, $r = -12,5$, $g = 11$, so erhält man $p = -10,4$ und $p_1 = -19,6$. Diese Werte können nur Näherungswerte sein, um das nochmals hervorzuheben, aber sie zeigen doch folgende Tatsache sehr deutlich: trägt man diese Grösse in die Zeichnung ein, so sieht man, dass schon bei einer sehr dünnen und beiderseitig von Luft begrenzten Linse die beiden Brennlinien über die lichtempfindlichen Zellen hinausfallen, also bei einer Linse, wie die in Betracht kommende erst recht, wie eben erörtert worden ist. Die Libelle kann also Gegenstände, die annähernd auf der Achse liegen mit dem vorderen Punktauge überhaupt nicht oder nur ganz undeutlich sehen. Dies gilt zunächst nur für sehr entfernte Gegenstände, aber nähere Gegenstände kann die Libelle erst recht nicht sehen, da ein der Linse näherer Gegenstand ein der Linse entfernteres Bild gibt. Aber noch ein Umstand verhindert die Wahrnehmung von Gegenständen die auf der Linsenachse liegen. Fig. 7, zeigt, dass die Achse der Linse durch die undurchsichtige Schicht auf der Rückseite der Linse geht und die Vorderseite der Linse nahe dem oberen Rand durchsetzt; ein Blick auf die Zeichnung lässt erkennen, dass überhaupt Gegenstände auf der Achse keine Bilder entwerfen können; ihre Entstehung wird durch die oben erwähnte undurchsichtige Schicht, in Verbindung mit der eigentümlich schiefen Lage der Linse verhindert. Das Entstehen von Bildern von Gegenstände auf der Achse wird demnach durch 2 Ursachen verhindert, durch die Kürze der lichtempfindlichen Zellen und durch eigentümliche Lage der Linse.

Zur Entstehung der Bilder sind also nur Strahlen brauchbar, die von Punkten ausserhalb der Achsen herkommen, also schief zur Linse geneigt einfallen. Derartige Strahlen werden astigmatisch verändert. Auf die Theorie des Astigmatismus kann hier nicht eingegangen werden.²⁾ Zur Erläuterung des Astigmatismus sei nur bemerkt, dass schief auffallende Strahlen keinen Brennpunkt ergeben, sondern zwei sich rechtwinkelig

(Fortsetzung folgt.)

Beschreibung einer neuen bathyphilen Tendipedide (Chironomide) des Luganer Sees.

Von Prof. Dr. Kieffer, Bitsch.
(Mit 1 Textfigur).

An einem trüben regnerischen Morgen, am 13. April 1910, gondelte allein, auf dem Luganer See, Herr Werner Fehlmann, Assistent an der Universität von Basel. Da fiel es ihm auf, dass so viele Fische

¹⁾ Dieser Apparat ist beschrieben in Zeitschrift für Instrumentenkunde 6. 139. 1886. u. Repertorium der Physik 21. 555. 1885.

²⁾ Man vergl. z. B. E. Reusch: Reflexion und Brechung des Lichtes an sphärischen Flächen unter Voraussetzung endlicher Einfallswinkel in Poggendorfs Annalen der Physik, Bd. 130, No. 4, 1867, oder A. Gleichen: Lehrbuch der geometrischen Optik, Leipzig 1902, oder auch A. Winkelmann: Handbuch der Physik, Leipzig bei A. Barth u. andere Werke mehr.